



CONFÉDÉRATION SUISSE

BUREAU FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

EXPOSÉ D'INVENTION

Publié le 16 mars 1954

Classe 96c

Demande déposée: 30 octobre 1948, 12^h 1. — Brevet enregistré: 15 janvier 1954.
(Priorité: U.S.A., 31 octobre 1947.)

BREVET PRINCIPAL

Jacob Rabinow, Takoma Park 12 (Maryland, U.S.A.).



Procédé pour produire, entre au moins deux éléments agencés pour se déplacer l'un par rapport à l'autre, une force s'opposant à leur déplacement, et dispositif pour la mise en œuvre de ce procédé.

La présente invention a pour objets un procédé pour produire entre au moins deux éléments agencés pour se déplacer l'un par rapport à l'autre une force s'opposant à leur déplacement, et un dispositif pour la mise en œuvre de ce procédé.

Elle a notamment pour but d'assurer une transmission entre des éléments adjacents peu écartés l'un de l'autre. Dans une mise en œuvre particulière du procédé selon l'invention, on commande le glissement de ces éléments l'un par rapport à l'autre en faisant varier la force qui s'oppose à leur déplacement relatif. Les dispositifs particuliers de mise en œuvre du procédé selon l'invention constituent des embrayages ou des freins.

Selon le procédé objet de l'invention, on maintient lesdits éléments en contact avec un mélange comprenant une substance déformable et des particules d'une matière ferromagnétique finement divisée, et on soumet ce mélange à l'action d'un champ magnétique.

Le dispositif pour la mise en œuvre du procédé susdit est caractérisé en ce qu'il comprend un premier élément constitué par un récipient contenant ledit mélange, au moins un autre élément présentant au moins une partie disposée à l'intérieur dudit récipient et en contact avec le mélange, et des moyens pour produire un champ magnétique à l'intérieur du récipient.

Le dessin annexé représente, à titre d'exemple, huit formes d'exécution du dispositif revendiqué, dans lesquelles le procédé selon l'invention est mis en œuvre.

Les fig. 1 à 6 sont des coupes axiales schématiques de six formes d'exécution.

La fig. 7 est une coupe axiale schématique d'une septième forme d'exécution.

La fig. 8 est une coupe transversale suivant 8—8 de la fig. 7.

La fig. 9 est une coupe axiale schématique d'une huitième forme d'exécution, et

la fig. 10 est une coupe transversale suivant 10—10 de la fig. 9.

Le fonctionnement de plusieurs des formes d'exécution représentées est basé sur le fait que, si deux surfaces de matière ferromagnétique légèrement espacées sont reliées entre elles par un fluide contenant un grand nombre de particules d'une matière ferromagnétique finement divisée, par exemple par des particules de fer doux, et qu'un champ magnétique est appliqué entre ces deux surfaces, elles ont tendance à se bloquer l'une l'autre, de manière à transmettre un mouvement, transversal à l'espace qui les sépare et qui contient lesdites particules, et ceci aussi longtemps que le champ magnétique subsiste.

La fig. 1 représente une première forme d'exécution du dispositif. Celui-ci comprend deux axes 1 et 2, montés pour tourner indé-

pendamment dans des paliers convenables (non représentés). Un disque 3 est fixé à l'axe supérieur 1, tandis qu'une enveloppe 4 est fixée à l'axe inférieur 2. Cette enveloppe contient un mélange de fluide magnétique comprenant un corps fluide et une quantité de particules d'une matière ferronagnétique finement divisée, telle par exemple que de la poudre de fer doux, de dimension moyenne égale à huit microns. Le pourcentage de poudre peut varier dans des limites assez larges, mais on a trouvé qu'un mélange contenant environ 60% de poudre en volume donne des résultats satisfaisants. Un enroulement de champ 6 est placé, comme le montre la figure, de manière que lorsqu'il est excité par un courant électrique, il produit un champ magnétique dans l'espace compris entre les plaques 3 et 4, comme le montrent les flèches. Cet espace présente une dimension telle qu'il fournit le chemin de retour le plus court pour le flux magnétique, l'axe 1 étant, par exemple, fait d'une matière non magnétique, une partie 5 entourant cet axe étant faite d'une matière non magnétique, ou le circuit magnétique étant conçu de toute autre manière convenable pour assurer un fonctionnement efficace. Cette première forme d'exécution est avantageusement employée avec une huile lubrifiante légère, mais, en général, on peut utiliser n'importe quel liquide possédant des propriétés mécaniques convenables pour assurer que le mélange se comporte comme un fluide plutôt visqueux à toutes les températures de fonctionnement prévues.

La partie non magnétique 5 porte des bagues 12 et elle est schématiquement représentée comme enfermant un palier pour l'extrémité de l'enveloppe 4 qui entoure l'axe 1. Un presse-étoupe 10 qui sert à retenir le fluide magnétique dans l'enveloppe 4 et à l'empêcher de pénétrer jusqu'au palier est également représenté de façon schématique. Il est cependant évident que ces détails peuvent varier dans de larges mesures suivant les nécessités de la construction particulière, pour conformer celle-ci aux principes d'une bonne conception et de la pratique mécanique.

Une batterie 7 est destinée à fournir du courant à l'enroulement de champ 6, et ce courant peut être commandé au moyen d'un rhéostat 9 et amené à l'enroulement 6 au moyen de balais 11 et des bagues 12 auxquelles sont respectivement connectés des conducteurs 13 et 14 qui aboutissent aux bornes du dit enroulement.

Quand l'enroulement 6 est excité, il existe une grande force de couplage entre les deux axes 1 et 2. Par exemple, si l'axe 1 est entraîné et tourne et que l'aimant n'est pas excité, l'axe 2 reste immobile. Si on augmente graduellement le courant fourni à l'enroulement 6, un couple déterminé prend progressivement naissance entre les deux organes 3 et 4. Toutes choses égales d'ailleurs, la valeur de ce couple dépend du courant traversant l'enroulement 6. Si le couple développé dans l'embrayage est plus grand que celui requis par la charge appliquée à l'axe 2, les deux organes 3 et 4 sont choqués l'un par rapport à l'autre et tournent à la même vitesse. Une caractéristique de cet embrayage consiste en ce que l'axe entraîné atteint sa vitesse maximum très doucement et sans brouter. Si le couple maximum que l'embrayage peut développer (couple qui est limité par les paramètres physiques et électriques de cet embrayage) est inférieur à celui requis pour faire tourner l'axe 2 aussi vite que l'axe 1, il se produit un glissement relatif entre les deux axes. Cependant, à toutes les vitesses de glissement, l'embrayage transmet pratiquement le même couple. En d'autres termes, en cas de glissement, l'embrayage fonctionne pratiquement comme un dispositif de transmission à couple constant. La valeur de ce couple constant est aussi la valeur maximum du couple que l'embrayage est capable de transmettre sans glisser. Aux grandes vitesses de glissement, il se produit un certain entraînement par viscosité qui augmente le couple, mais, lorsque les surfaces coopérant avec le fluide magnétique du disque 3 sont polies, cette augmentation est habituellement négligeable.

Il est évident que le même dispositif peut aussi servir de frein si un des éléments 1 et 2 est maintenu fixe. Dans ces conditions, il n'y a pas d'action effective de freinage avant que le bobine 6 ne soit excitée et, à ce moment, un couple antagoniste exerçant une action de freinage sur l'élément constitué par l'axe tournant est engendré.

La fig. 2 représente une deuxième forme d'exécution comprenant deux éléments constitués par des axes 21 et 22. L'axe 21 porte un tambour intérieur 23 (correspondant au disque 3 de la fig. 1) qui lui est fixé rigidement. Ce tambour 23 est fait d'une matière ferromagnétique telle que du fer, sans une bague 23' qui est en laiton ou en une autre matière non magnétique et qui est brasée ou fixée de toute autre façon au voisinage de l'équateur du tambour, c'est-à-dire au milieu entre les extrémités du tambour, comme représenté. Cette bague sert à former un entrefer entre les deux moitiés du tambour, sans diminuer sa rigidité ou sa résistance mécanique. Un tambour extérieur 24, constituant une enveloppe, est fixé sur l'axe 22 et présente un diamètre tel qu'il n'existe qu'un très petit entrefer 25 entre sa surface interne et la surface externe du tambour 23, cet entrefer étant beaucoup plus petit que la distance séparant les deux moitiés du tambour 23, c'est-à-dire plus petit que la largeur de la bague 23'. Une plaque d'extrémité 24' est conformatée de manière à pouvoir être vissée séparément sur le corps de l'enveloppe 24 pour former celle-ci. Cette enveloppe pourrait aussi être faite d'une seule pièce, soudée ou assemblée d'une autre manière connue. Un enroulement 26 est disposé autour de l'axe 21 et forme un solénoïde dont cet axe forme le noyau magnétique. Des conducteurs isolés 33 et 34 relient l'enroulement 26 à des bagues 32 montées sur l'axe 21. Des balais 31 entraînés du courant électrique fourni par une batterie 27 et traversant un rhéostat de commande 28, de manière à permettre d'exciter l'enroulement de champ 26 au moyen d'une source extérieure. La batterie 27 et le rhéostat 28 sont des symboles conventionnels représentant

n'importe quelle source de courant convenable et des moyens permettant de commander le courant fourni par cette source. Il est à remarquer que l'extrémité du tambour 23 opposée à l'axe 21 est supportée par l'axe 22 au moyen d'un palier 37, et que l'axe 21 est supporté dans un palier 36 logé dans la partie centrale de la plaque 24', de façon à former une structure rigide et mécaniquement résistante. Les paliers 36 et 37 comprennent des bagues de bronze qui assurent un entrefer magnétique convenable entre chaque tambour et l'axe de l'autre tambour. Dans le même but, les extrémités du tambour 24 pourraient aussi être faites d'une matière non magnétique. L'espace compris entre les deux tambours est rempli d'un mélange de fluide magnétique, comme dans la première forme d'exécution.

Quand l'enroulement 26 est excité, un flux magnétique sort radialement de l'axe 21 à l'une des extrémités de l'une des moitiés du tambour 23, passe jusque dans les parois cylindriques de cette moitié de tambour et à travers le petit entrefer 25 jusque dans le mélange fluide magnétique pour pénétrer dans le tambour 24 et retourner vers l'autre moitié du tambour 23, l'entrefer magnétique 23' étant beaucoup plus grand que l'entrefer magnétique 25 entre les deux parties cylindriques des tambours, et radialement vers l'intérieur à l'extrémité de l'autre moitié de tambour 23 jusqu'à l'axe 21. L'action magnétique d'embrayage ou de freinage est la même que dans la première forme d'exécution, mais elle est plus efficace parce que le couple est développé près de la périphérie des tambours, ce qui donne le plus grand bras de levier possible pour le couple, tandis que l'enroulement 26 occupe la partie centrale du dispositif, partie dans laquelle il ne peut en tout cas se développer qu'un petit couple.

Au lieu d'un enroulement de champ, on peut utiliser un aimant permanent. C'est le cas dans la troisième forme d'exécution, représentée à la fig. 3 et dans laquelle un rotor 43 fixé à un axe 41 est fait d'une matière susceptible d'être magnétisée et de conserver

une aimantation permanente, par exemple en un alliage d'aluminium, de nickel et de cobalt. Ce rotor est fortement magnétisé dans des zones espacées, comme indiqué, de manière à produire alternativement des pôles nord et sud permanents à sa périphérie cylindrique. Le flux magnétique circule donc dans l'espace compris entre le cylindre 43 et un tambour 44, comme le montre la fig. 4. Cet espace est rempli d'un mélange de fluide magnétique, comme dans les formes d'exécution précédentes. Le fonctionnement est semblable à celui de ces deux premières formes d'exécution, sauf que la force agissant entre l'axe 41 et un axe 42 solidaire du tambour 44 ne peut être réglée électriquement. Le dispositif constitue de ce fait une transmission à couple constant pour toutes les charges entraînant un glissement, c'est-à-dire chaque fois que le couple d'entraînement maximum est dépassé.

Dans un dispositif à aimant permanent, il est possible de modifier le couple transmis en faisant varier l'entrefer séparant les deux faces du dispositif, par exemple comme le montre schématiquement la fig. 4 qui représente une quatrième forme d'exécution comprenant des moyens agencés de manière à permettre de déplacer axialement l'un par rapport à l'autre deux éléments tournants 51 et 52 constitués par des axes. Un collier 53 fixé sur l'axe 52 tourne librement dans un anneau 54 solidaire d'un levier de commande 55. Il est évident qu'un déplacement du levier 55 a pour effet de modifier l'entrefer séparant des organes 57 et 58, de manière à faire varier le couple transmis à l'axe 51 à partir d'un arbre 50 et par l'intermédiaire de l'axe 52. Ce levier constitue ainsi un équivalent mécanique du rhéostat 9 de la fig. 1 et du rhéostat 29 de la fig. 2.

La fig. 5 représente une cinquième forme d'exécution constituant un frein. Ce frein fonctionne selon les principes décrits en référence à la fig. 1. Dans cette forme d'exécution, le rendement spatial est amélioré en utilisant plusieurs disques pour augmenter les surfaces opposées coopérant avec le mélange

magnétique. Ce dispositif constitue un frein comprenant un élément de réaction 64 qui est maintenant fixe. A la place du disque unique 3 de la fig. 1, il comprend en outre plusieurs disques 63 qui sont associés à un axe 61 et, entre ces disques et près de ceux-ci, plusieurs rondelles 64' associées à l'élément fixe 64 auquel elles sont fixées au moyen de boulons de laiton 68, avec des colliers d'espacement non magnétiques 68'. Quand aucun courant ne traverse un enroulement 66 disposé coaxialement à l'intérieur de l'élément fixe 64 et autour des disques 63 et des rondelles 64', l'axe 61 est libre de tourner, mais quand cet enroulement est excité, un champ magnétique est engendré et passe, comme le montrent les flèches, produisant le même effet que dans la première forme d'exécution, sauf que son action est multipliée par le nombre de disques employés, en supposant que l'intensité du champ et le diamètre des disques soient les mêmes que dans cette première forme d'exécution.

Comme un frein doit dissiper de la chaleur, le dispositif est refroidi par une circulation du mélange magnétique fluide qui passe dans un serpentín de refroidissement 70. Une pompe 71 est prévue pour assurer cette circulation et est entraînée par l'axe 61, comme le montre schématiquement la fig. 5. La circulation du mélange a aussi l'avantage de tendre à maintenir celui-ci dans un état homogène et de diminuer ainsi toute tendance à se déposer que pourraient avoir les particules solides.

La fig. 6 représente une sixième forme d'exécution comprenant deux axes 81 et 82 susceptibles de tourner l'un par rapport à l'autre et d'être magnétiquement accouplés l'un à l'autre pour transmettre un couple au moyen d'un enroulement fixe 86. Une enveloppe 84, comprenant une partie non magnétique 84', entoure un disque 83 et est remplie d'un mélange de fluide magnétique. Un presse-étoupe 85 sert à retenir ce fluide dans l'enveloppe. Pour produire un champ magnétique, le dispositif comprend un enroulement

fixe 86 entouré par un élément de support magnétique 87. Des conducteurs 88 et 89 amènent le courant d'une source réglable convenable à l'enroulement 86. La répartition du flux magnétique est indiquée par des flèches.

Bien que l'enroulement de champ soit stationnaire et que les organes d'embrayage 83 et 84 tournent quand l'enroulement est excité, aucun courant de Foucault n'est induit dans les disques par ce mouvement relatif à cause de la symétrie radiale du dispositif et du fait que les faces des organes 83 et 84 qui coopèrent avec le mélange magnétique sont polies, de sorte que le flux magnétique pénétrant en un point donné de l'un de ces organes en rotation relative reste constant et qu'il n'y a aucune variation de flux et par conséquent pas de courant induit. Il peut y avoir quelques courants de Foucault induits dans les parties de fer du mélange de fluide magnétique, mais comme ces parties sont extrêmement petites, il n'existe pas de longs trajets pour ces courants et l'effet est le même que celui obtenu avec du fer extrêmement bien laminé. Les courants de Foucault induits dans le mélange de fluide magnétique sont donc complètement négligeables. Le principal avantage de cette forme d'exécution réside dans l'élimination des bagues et des balais.

Les fig. 7 et 8 montrent une septième forme d'exécution similaire en principe à celles représentées aux fig. 1 à 6, mais qui convient pour fonctionner avec du courant alternatif. Pour éviter des pertes excessives par courants de Foucault, des rotors 93 et 94 de cette forme d'exécution sont de construction laminée classique. Ces rotors sont respectivement fixés à des axes 91 et 92, et des enroulements 96 et 97 sont disposés de manière à former des pôles nord et sud en 94A et 94B respectivement (fig. 8). Quand un courant alternatif ou continu traverse les enroulements de champ en passant par des bagues 95, du fluide magnétique étant contenu dans le dispositif, le même effet d'embrayage ou de transmission de couple que celui précédemment décrit est obtenu.

Les fig. 9 et 10 représentent une huitième forme d'exécution semblable à celle représentée aux fig. 7 et 8, sauf qu'elle comprend un rotor intérieur 103 qui porte des enroulements de champ, au lieu que ceux-ci soient portés par le rotor extérieur qui, dans cette forme d'exécution, sert de chemin de retour pour le flux magnétique. Dans cette forme d'exécution, comme dans celle représentée à la fig. 2, le fait de disposer l'enroulement au centre permet d'obtenir un plus grand bras de levier pour la transmission du couple, pour une dimension donnée du dispositif.

Les formes d'exécution du dispositif, décrites ci-dessus ou référencées aux fig. 1, 2 et 5 à 10, constituant des embrayages ou des freins commandés électromagnétiquement, dont les pièces ne subissent pratiquement pas d'usure, capables de bloquer avec une grande force deux éléments tournants susceptibles de se déplacer l'un par rapport à l'autre et offrant des avantages par rapport aux embrayages ou aux freins à courants de Foucault connus. Parmi ces avantages, il convient de relever la possibilité de bloquer lesdits éléments avec un couple pratiquement maximum, même lorsque leur vitesse relative est la plus faible (ou nulle), un fonctionnement parfaitement doux et exempt de broutage lorsqu'il y a déplacement relatif des éléments tournants et un couple pratiquement constant à toutes les vitesses de glissement comprises dans une large gamme. Un tel embrayage possède les mêmes avantages par rapport aux embrayages à friction, du fait qu'il ne comprend pratiquement aucune pièce soumise à une usure, de sa simplicité, de son coût peu élevé et de sa commande électrique simple et susceptible d'être effectuée à partir d'un point éloigné de l'embrayage proprement dit.

D'autres avantages de cet embrayage comprennent une réponse très rapide aux rapides modifications du courant de commande, un fonctionnement ne nécessitant qu'une source d'énergie électrique à basse tension, telle par exemple qu'une batterie d'accumulateurs, et la possibilité de fonctionner soit avec du courant alternatif, soit avec du courant continu.

REVENDECATIONS:

1. Procédé pour produire entre au moins deux éléments agencés pour se déplacer l'un par rapport à l'autre, une force s'opposant à leur déplacement, caractérisé en ce qu'on maintient lesdits éléments en contact avec un mélange comprenant une substance déformable et des particules d'une matière ferromagnétique finement divisée, et en ce qu'on soumet ce mélange à l'action d'un champ magnétique.

II Dispositif pour la mise en œuvre du procédé selon la revendication I, caractérisé en ce qu'il comprend un premier élément constitué par un récipient contenant ledit mélange, au moins un autre élément présentant au moins une partie disposée à l'intérieur dudit récipient et en contact avec le mélange, et des moyens pour produire un champ magnétique à l'intérieur du récipient.

SOUS-REVENDECATIONS:

1. Procédé selon la revendication I, caractérisé en ce qu'on maintient ledit champ magnétique fixe par rapport à un desdits éléments.

2. Procédé selon la revendication I, caractérisé en ce qu'on laisse auxdits éléments leur liberté de mouvement par rapport audit champ magnétique.

3. Procédé selon la revendication I, caractérisé en ce qu'on commande ladite force en modifiant l'intensité dudit champ magnétique.

4. Dispositif selon la revendication II, caractérisé en ce que ladite substance déformable est non magnétique.

5. Dispositif selon la revendication II et la sous-revendication 4, caractérisé en ce que ledit mélange est fluide et homogène lorsqu'il n'est pas soumis à l'action d'un champ magnétique.

6. Dispositif selon la revendication II et la sous-revendication 4, caractérisé en ce que la dimension moyenne maximum desdites particules est comprise entre trois et quinze microns.

7. Dispositif selon la revendication II et la sous-revendication 4, caractérisé en ce que

ladite substance déformable présente les propriétés mécaniques d'une huile légère.

8. Dispositif selon la revendication II et la sous-revendication 4, caractérisé en ce que ledit mélange présente les propriétés mécaniques d'une huile consistante.

9. Dispositif selon la revendication II et la sous-revendication 4, caractérisé en ce que lesdites particules sont des particules de fer de forme sensiblement sphérique.

10. Dispositif selon la revendication II et la sous-revendication 4, caractérisé en ce que lesdites particules sont des particules de fer carbonylé.

11. Dispositif selon la revendication II et la sous-revendication 4, caractérisé en ce que ledit mélange comprend approximativement 90% en poids de particules et 10% de substance déformable.

12. Dispositif selon la revendication II et la sous-revendication 4, caractérisé en ce que ladite substance déformable est de l'huile.

13. Dispositif selon la revendication II et la sous-revendication 4, caractérisé en ce que lesdites particules présentent une dimension moyenne de huit microns.

14. Dispositif selon la revendication II et la sous-revendication 4, caractérisé en ce que ladite substance déformable est de l'huile de machine légère.

15. Dispositif selon la revendication II et la sous-revendication 4, caractérisé en ce que lesdits moyens sont agencés pour permettre de régler l'intensité dudit champ magnétique de manière à donner audit mélange une viscosité apparente de valeur choisie.

16. Dispositif selon la revendication II et la sous-revendication 4, caractérisé en ce que lesdits moyens comprennent un électro-aimant.

17. Dispositif selon la revendication II et la sous-revendication 4, caractérisé en ce que lesdits moyens sont agencés de manière à être capables de produire un champ magnétique d'intensité suffisante pour rendre ledit mélange consistant, ce mélange étant fluide lorsqu'il n'est pas soumis à l'action d'un champ magnétique.

18. Dispositif selon la revendication II et les sous-revendications 4 et 15, caractérisé en ce

ce qu'il comprend, en outre, une source d'énergie électrique susceptible d'être utilisée pour exciter ledit électro-aimant de manière à rendre ledit mélange consistant.

15 19. Dispositif selon la revendication II et les sous-revendications 4 et 16, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens agencés pour commander l'alimentation en courant électrique dudit électro-aimant.

20 20. Dispositif selon la revendication II et les sous-revendications 4 et 16, caractérisé en ce que ledit électro-aimant entoure ledit réceptacle.

21. Dispositif selon la revendication II et les sous-revendications 4, constituant un embrayage, caractérisé en ce que lesdits éléments présentent des surfaces en regard espacées les unes des autres, ledit mélange étant disposé dans l'espace laissé libre entre ces surfaces, et en ce que lesdits moyens sont agencés pour produire un champ magnétique entre lesdites surfaces en regard, ledit mélange assurant un effet de couplage entre ces surfaces.

22. Dispositif selon la revendication II et les sous-revendications 4 et 21, caractérisé en ce que l'un desdits éléments est susceptible de tourner par rapport à l'autre.

23. Dispositif selon la revendication II et les sous-revendications 4 et 21, caractérisé en ce que lesdits éléments sont tous deux montés rotativement.

24. Dispositif selon la revendication II et les sous-revendications 4 et 21, caractérisé en ce que les parties desdits éléments qui présentent lesdites surfaces en regard sont faites d'une matière ferromagnétique.

25. Dispositif selon la revendication II et les sous-revendications 4 et 21, caractérisé en ce que lesdites surfaces en regard sont des surfaces de révolution.

26. Dispositif selon la revendication II et les sous-revendications 4 et 21, caractérisé en ce que lesdits moyens agencés pour produire un champ magnétique comprennent un enroulement de champ disposé de manière à produire un champ magnétique au travers dudit espace, lorsque cet enroulement est excité, et

des moyens pour exciter cet enroulement à partir d'une source fixe, ces derniers moyens comprenant une source de courant électrique et des moyens agencés pour commander le courant fourni par cette source.

27. Dispositif selon la revendication II et les sous-revendications 4, 21 et 26, caractérisé en ce que lesdits moyens pour commander le courant électrique sont agencés de manière à permettre de modifier l'intensité de ce courant à partir d'une valeur maximum jusqu'à zéro.

28. Dispositif selon la revendication II et les sous-revendications 4 et 21, caractérisé en ce qu'il comprend un élément comprenant un disque disposé dans ledit réceptacle, celui-ci ayant la forme d'une enveloppe.

29. Dispositif selon la revendication II et les sous-revendications 4, 21, 26 et 28, caractérisé en ce que ledit enroulement de champ est coaxial aux parties desdits éléments présentant lesdites surfaces en regard et est disposé au voisinage de la périphérie dudit disque et à l'intérieur de ladite enveloppe, de sorte que cette enveloppe et ce disque définissent un circuit magnétique pour le champ magnétique produit par ledit enroulement.

30. Dispositif selon la revendication II et les sous-revendications 4, 21, 26 et 28, caractérisé en ce que ledit enroulement de champ est coaxial aux parties desdits éléments présentant lesdites surfaces en regard et est disposé au voisinage de la périphérie dudit disque et de ladite enveloppe, à l'extérieur de cette enveloppe, et en ce que cet enroulement est monté de façon à être mécaniquement indépendant en rotation de ladite enveloppe et dudit disque.

31. Dispositif selon la revendication II et les sous-revendications 4, 21, 24 et 25, caractérisé en ce qu'il comprend un élément comprenant plusieurs disques espacés les uns des autres et coaxiaux et un élément comprenant plusieurs rondelles coaxiales disposées entre lesdits disques, ces rondelles et ces disques étant disposés de façon alternée, de manière à définir plusieurs surfaces de révolution si-

tubes en regard les uns des autres et espacés.

32. Dispositif selon la revendication II et les sous-revendications 4 et 21, caractérisé en ce qu'il comprend un élément comprenant un tambour disposé à l'intérieur dudit récepteur, celui-ci ayant la forme d'une enveloppe.

33. Dispositif selon la revendication II et les sous-revendications 4, 21, 26 et 32, caractérisé en ce que ledit tambour est divisé en deux parties séparées au point de vue magnétique par un anneau de matière non magnétique, de manière à former un entrefer plus grand entre lesdites parties que celui qui sépare lesdites surfaces en regard, et en ce que ledit enroulement de champ est disposé à l'intérieur dudit tambour avec lequel il est coaxial, de sorte que chacune desdites parties constitue l'un des pôles magnétiques opposés dudit enroulement de champ.

34. Dispositif selon la revendication II et les sous-revendications 4, 21, 26 et 32, caractérisé en ce que ledit tambour est divisé en deux parties sensiblement hémicylindriques séparées l'une de l'autre au point de vue magnétique par des entrefers axiaux non magnétiques, ledit enroulement étant disposé dans lesdits entrefers axiaux et s'étendant en travers des extrémités dudit tambour, de sorte que chaque demi-cylindre de ce tambour cons-

titue l'un des pôles magnétiques opposés de cet enroulement.

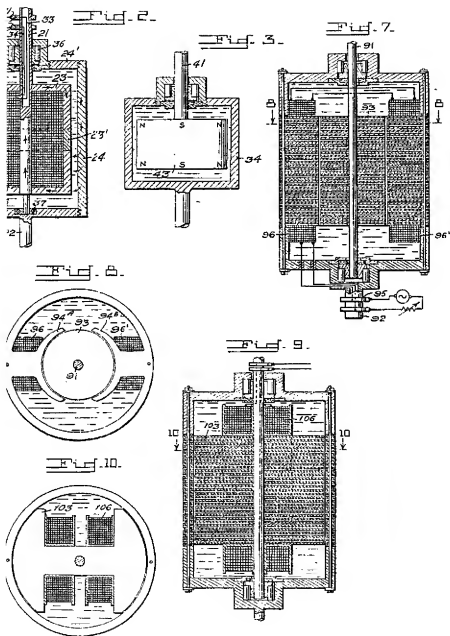
35. Dispositif selon la revendication II et les sous-revendications 4, 21, 26 et 32, caractérisé en ce que ledit récepteur comprend deux parties faisant saillie et formant des pôles, ces parties se terminant par des surfaces de révolution diamétralement opposées adjacentes à la surface incurvée dudit tambour, et en ce que ledit enroulement comprend des bobines montées sur lesdites parties formant des pôles.

36. Dispositif selon la revendication II et les sous-revendications 4 et 21, caractérisé en ce que lesdits moyens agencés pour produire un champ magnétique comprennent des aimants permanents faisant partie d'au moins un desdits éléments présentant les surfaces en regard.

37. Dispositif selon la revendication II et les sous-revendications 4 et 21, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens disposés de manière à rester fixes et agencés pour permettre de modifier la distance séparant lesdites surfaces en regard, de manière à commander l'intensité dudit champ magnétique dans l'espace séparant ces surfaces.

Jacob Rabinow.

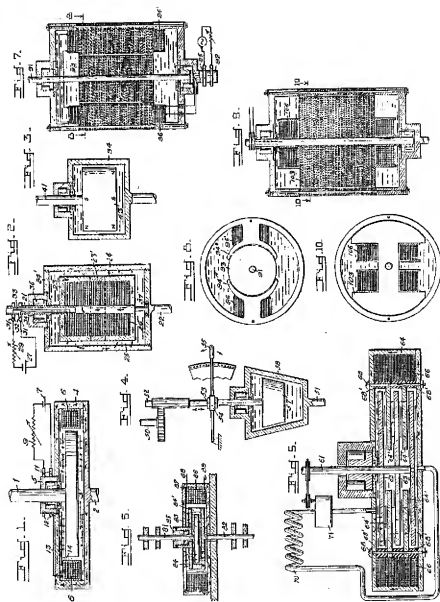
Mandataires: Dériaz, Kirker & Cie., Genève.



Jacob Mabinon

Thread No 295751
1 female

1 femelle





Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) EP 0 872 665 A1

(12)

EUROPEAN PATENT APPLICATION

(43) Date of publication:
21.10.1998 Bulletin 1998/43

(51) Int. Cl.⁶: F16F 9/53

(21) Application number: 98106448.8

(22) Date of filing: 08.04.1998

(84) Designated Contracting States:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GRIE IT LI LU
MC NL PT SE
Designated Extension States:
AL LT LV MK RO SI

• Shtarkman, Emil M.
Marina Del Ray, CA 90292 (US)
• Rosales, Louis A.
Manhattan Beach, CA 90266 (US)

(30) Priority: 14.04.1997 US 839563

(71) Applicant: TRW Inc.
Redondo Beach, California 90278 (US)

(74) Representative:
Schmidt, Steffen J., Dipl.-Ing.
Wuesthoff & Wuesthoff,
Patent- und Rechtsanwälte,
Schweigerstrasse 2
81541 München (DE)

(72) Inventors:
• Starkovich, John A.
Redondo Beach, CA 90278 (US)

(54) Spacecraft deployment mechanism damper

(57) The present invention provides an electrorheological magnetic (ERM) fluid-based rotary motion damper (12). According to the invention, the ERM fluid-based rotary motion damper (12) generally includes an input shaft (18) coupled to a first damping member (16) and rotatably supporting a second damping member (20). A cylinder (28) coupled about the first damping member (16) rotatably engages a housing (36) circumferentially coupled about the second damping member (20). As such, the cylinder (28) is configured for rotary movement relative to the housing (36). ERM fluid (56) disposed in the housing (36) surrounds the cylinder (28) such that it coats with the housing (36) and cylinder (28). In the presence of a magnetic field, the ERM fluid (56), cylinder (28) and housing (36) frictionally control the rotary movement of the first damping member (16) relative to the second damping member (20).

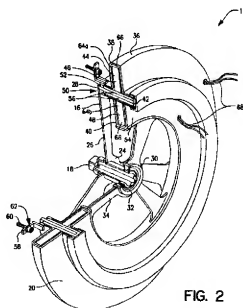


FIG. 2

EP 0 872 665 A1

Description

BACKGROUND OF THE INVENTION

1. Technical Field

The present invention is generally related to damper mechanisms and, more particularly, to an electrorheological magnetic (ERM) fluid-based damper for controlling the deployment and operation of spacecraft appendages such as solar array panels, antennas, optical platforms, and other spacecraft structural elements.

2. Discussion

Deployment of spacecraft appendages such as antenna dishes, solar panel arrays, etc. are mission-critical operations that must be accomplished reliably and in a controlled fashion without causing damage or excessive disturbances and oscillations in the spacecraft. Conventional spacecraft typically use magnetic-type devices for deployment mechanisms. These devices include controllable electric motors and damper devices known as "eddy current" dampers.

In light of recent deployment problems, civilian and defense spacecraft customers are requiring torque margins for deployment mechanisms many times greater than earlier levels. This torque margin, as well as the revised requirements for damping rate, response time, and control, are beyond the capabilities of the typical presently used damper and control devices. Thus, the enhanced requirements have created a need for more powerful deployment mechanisms with much greater damper and control system performance.

It has now been found desirable to utilize electrorheological magnetic (ERM) fluid for enhanced damping control. ERM fluids undergo a change in apparent viscosity when subjected to a magnetic field. In the presence of a magnetic field, the particles become polarized and are thereby organized into chains and columns of particles within the fluid. The chains and columnar arrangement of particles act to increase the apparent viscosity or flow resistance of the overall material. In the absence of a magnetic field, the particles return to an unorganized or free state and the apparent viscosity or flow resistance of the overall material is correspondingly reduced.

Due to its variable resistance, ERM materials have been found useful in providing varying damping forces as well as in controlling torque and/or pressure levels. ERM fluids exhibit high yield strengths and are capable of generating great damping forces. Furthermore, ERM materials are activated by magnetic fields which are easily produced by simple, low-voltage electromagnet coils.

Accordingly, it would be desirable to provide a deployment mechanism employing an ERM fluid based damper capable of meeting advance spacecraft require-

ments. The ERM damper could be used to control the driving force or torque of a reliable spring or motor-driven actuator. Furthermore, it would be desirable to provide an ERM damper capable of Fixed or variable damping control or a combination thereof.

SUMMARY OF THE INVENTION

The above and other objects are provided by an electrorheological magnetic (ERM) fluid-based rotary motion damper. The ERM fluid-based rotary motion damper generally includes an input shaft coupled to a first damping member and rotatably supporting a second damping member. A cylinder coupled about the first damping member rotatably engages a housing circumferentially coupled about the second damping member. As such, the cylinder is configured for rotary movement relative to the housing. ERM fluid disposed in the housing surrounds the cylinder such that it coats with the housing and cylinder. In the presence of a magnetic field, the ERM fluid, cylinder and housing frictionally control the rotary movement of the first damping member relative to the second damping member.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

In order to appreciate the manner in which the advantages and objects of the invention are obtained, a more particular description of the invention will be rendered by reference to specific embodiments thereof which are illustrated in the appended drawings. Understanding that these drawings only depict preferred embodiments of the present invention and are not therefore to be considered limiting in scope, the invention will be described and explained with additional specificity and detail through the use of the accompanying drawings in which:

FIG. 1 is a perspective view of a spring-driven spacecraft appendage deployment mechanism with a partially cut away ERM fluid damper incorporated therein in accordance with the teachings of the present invention;
FIG. 2 is a side perspective view in partial cross-section of an electromagnet ERM damper device for actively controlling damping;
FIG. 3 is a side perspective view in partial cross-section of a permanent magnetic ERM damper device for providing passive damping; and
FIG. 4 is a side perspective view in partial cross-section of an integrated electro/permanent magnet ERM damper device.

DETAILED DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

The present invention is directed toward a superior performance deployment mechanism capable of meet-

ing advanced spacecraft requirements including an electrorheological magnetic (ERM) fluid based damper in combination with a reliable spring or motor-driven actuator. The ERM damper contains a fluid responsive to a magnetic field for controlling the driving force or torque of the actuator. Application of a magnetic field to the ERM fluid increases its shear stress which is used to resist the relative motion of two damping surfaces in contact with the fluid. In accordance with the teachings of the present invention, a fixed damping force for providing passively controlled damping or a variable damping force for providing actively-controlled damping is available.

Referring now to the figures, a deployment mechanism capable of meeting advanced spacecraft requirements is shown generally at 10. The deployment mechanism 10 includes an electrorheological magnetic fluid damper 12 in combination with a spring driven actuator 14. Although a spring driven actuator 14 is shown, it is to be understood that the ERM fluid damper 12 is also suitable for use in combination with other known actuators such as motor driven actuators.

Preferably, the ERM fluid damper 12 includes an inner rotatable member 16 coupled to an input shaft 18. Rotation of the input shaft 18 by the actuator 14 rotates the inner member 16. A stationary outer member 20 is rotatably supported about the input shaft 18 such that the input shaft 18 may rotate freely with respect to the outer member 20. The input shaft 18 is operably coupled to a wheel 22 of the spring driven actuator 14. Thus, the driving force or torque generated from the spring driven actuator 14 is conveyed to the damper 12 via the input shaft 18.

The deployment mechanism 10 also includes a second damper 12' disposed opposite the damper 12. The damper 12' may be identical to the damper 12 or may be an alternate embodiment thereof. In either case, the dampers 12 and 12' combine to dampen the actuator 14. It should be noted, however, that in some applications it may be desirable to only include one of the dampers 12 or 12'.

Turning now to FIG. 2, a more detailed view of a first embodiment of the ERM fluid damper 12 is shown. The inner rotatable member 16 includes a mounting hub 24 secured to the input shaft 18. A plurality of ribs or arms 26 radially project from the mounting hub 24 to an axially extending annular cylinder 28. The cylinder 28 is disposed in spaced-apart circumferential relation to the input shaft 18.

The outer member 20 includes a mounting hub 30 rotatably supported about the input shaft 18 such that the input shaft 18 may rotate freely therewithin. Preferably, this is accomplished by inserting a sleeve 32 between the input shaft 18 and the mounting hub 30. A plurality of ribs or arms 34 radially extend from the mounting hub 30 to support a hoop-shaped housing 36 circumferentially thereabout. Preferably, the housing 36 has a generally cross-shaped cross-section including

vertical chambers 38 and 40 and a horizontal chamber 42 therein.

As can be seen, the horizontal chamber 42 bisects the vertical chambers 38 and 40. The vertical chambers 38 and 40 are configured for supporting means 44 for generating a magnetic field across the horizontal chamber 42. For example, the vertical chamber 38 contains a first magnet 46 and the vertical chamber 40 contains a second magnet 48. The magnets 46, 48 are disposed in spaced relation across the horizontal chamber 42.

The horizontal chamber 42 includes an open end 50 adapted to receive the cylinder 28 of the inner member 16. In this way, the cylinder 28 may rotate within the housing 36 under the influence of the input shaft 18. Two O-rings 52 sealingly engage the cylinder 28 within the walls 54 of the horizontal chamber 42 to form a fluid tight compartment.

The horizontal chamber 42 is filled with ERM fluid 56 which substantially encompasses the cylinder 28. As such, a magnetic field may be generated across the horizontal chamber 42 from the magnets 46, 48 disposed in the vertical chambers 38 and 40. In the presence of the magnetic field, the shear stress of the ERM fluid 56 changes. In turn, the shear resistance of the ERM fluid 56 increases which serves to slow the rotation of the cylinder 28 within the housing 36. By changing this shear resistance, the rotation of the inner member 16 relative to the outer member 20 may be controlled. The controlled rotation of the inner member 16 is transferred to the input shaft 18 to dampen the actuator 14 (FIG. 1).

An example of an ERM fluid which may be used in the spacecraft deployment mechanism 10 is described in U.S. Patent No. 5,354,488 to Shtarkman et al., which is assigned to the assignee of the present invention. Shtarkman discloses a fluid responsive to a magnetic field. The fluid comprises magnetizable particles, an oil vehicle, and a dispersant comprising small non-magnetizable dispersant particles which are insoluble in the vehicle. The magnetizable particles may be any suitable magnetizable materials such as iron, cobalt, nickel, their alloys, magnetic ferrites, and compounds of iron, nickel or cobalt with rare earth elements, chromium, silicon, boron, mixtures of the above, and certain magnetizable stainless steels. It should be noted that oil vehicles suitable for space applications generally have a low vapor pressure (e.g., less than 10^{-3} mm Hg (0.13 Pa) and remain liquid over a wide temperature (preferably between -60° to 200° C).

A plurality of mounting brackets 58 may be spot-welded or otherwise fixedly secured to the exterior of the housing 36 for mounting the housing 36 to the wheel 22 (FIG. 1). A plurality of bolts 60 passing through apertures 62 in the mounting brackets 58 can be used effectively for this purpose. After mounting, the outer member 20 is held stationary about the rotating input shaft 18 with respect to the inner member 16.

In the embodiment shown in FIG. 2, an electromag-

ner 64a is disposed within the vertical chamber 38. Likewise, an electromagnet 64b is disposed within the vertical chamber 40. A low power excitation coil 66 is provided proximate each electromagnet 64a and 64b for selectively generating the magnetic field. A pair of low voltage power/connector leads 68 extend through the housing 36 and electrically communicate with each coil 66 therein. Accordingly, electrically variable shear stress and actively controlled damping is provided. In some applications, it may also be desirable to integrate a sensor/controller system with feedback to coordinate the changes in the damping characteristics of the damper 12. It should be noted that the damper 12 can also be successfully operated with only one of the electromagnets 64a or 64b. Also, if both electromagnets 64a and 64b are employed for energizing the ERM fluid 56, each of the coils 66 should be arranged in such a way that opposite magnetic polarities are generated at the electromagnet poles.

Turning now to FIG. 3, a second embodiment ERM damper 12a is illustrated. This embodiment is essentially identical to the first embodiment except that the electromagnets 64a and 64b have been replaced by permanent magnets 70a and 70b within the vertical chambers 38 and 40. Additionally, the electronic hardware, i.e., excitation coils 66 and power/connector leads 68 associated with the electromagnets 64a and 64b, are omitted. The permanent magnets 70a and 70b generate a fixed magnetic field over the ERM fluid 56 in the horizontal chamber 42. As such, a pre-selected permanent flow resistance is provided within the damper 12a. Thus, passive control of the damping characteristics of the damper 12a is provided.

A third embodiment ERM damper 12b is illustrated in FIG. 4. In this embodiment, a combination of permanent magnets 70a and 70b and electromagnets 64a and 64b are disposed within the vertical chambers 38 and 40. As with the first embodiment, low power excitation coils 66 and low voltage power/connector leads 68 are provided for inducing a magnetic field from the electromagnets 64a and 64b. According to this configuration, a given flow resistance is provided within the damper 12b which may be ramped up by excitation of the electromagnets 64a and 64b. Thus, a combination passive damping control and active damping control device is provided. Preferably, light weight electromagnets 64a and 64b are utilized in both the first and third embodiments.

In operation, the spring driven actuator 14 is operated such that it deploys or asserts control over a given spacecraft appendage (generally indicated by the numeral 72). The input shaft 18 is rotationally driven by the actuator 14. In turn, the input shaft 18 rotates the inner member 16. The outer member 20, which is rotatably supported about the input shaft 18, remains stationary with respect to the input shaft 18 and inner member 16.

The cylinder 28, which is coupled to the inner mem-

ber 16 rotates within the horizontal chamber 42 of the housing 36. The ERM fluid 56 within the horizontal chamber 42 interacts with the cylinder 28 and chamber walls 54 according to its flow resistance characteristics to frictionally effect the movement therebetween. This flow resistance is varied according to the magnetic field to which the ERM fluid 56 is subjected.

In the case of permanent magnets 70a and 70b, a fixed shear stress associated with the ERM fluid 56 dampens the rotation of the inner member 16 by a preselected amount. In the case of electromagnets 64a and 64b, either alone or in combination with the permanent magnets 70a and 70b, a variable damping of the inner member 16 occurs corresponding to the activation of the electromagnets 64a and 64b. As such, the rotary movement of the inner member 16 can be controlled by utilizing the variable shear stress characteristic of the ERM fluid 56.

From the foregoing it can be appreciated that the ERM damper directly transforms magnetic energy into mechanical energy without multiple mechanical stages. The dampers have a high output power-to-weight ratio and a fast (a few milliseconds) response time. Also, the dampers have a controllable and velocity-independent damping rate that permits near instantaneous application of high torque without the need for generating high rotational speeds. Additionally, the damper has the capability for both passive and active control with a high mechanical work output-to-electrical power ratio. The dampers are suitable for reliably and smoothly handling both slow and rapid deployment situations without causing disturbances or oscillations to spacecraft. The dampers are low-cost and simple to manufacture since they do not require precision machining or high-tolerance parts. The dampers are sealed devices which require only a very small quantity of space qualified fluid for reliable and low contamination risk operation.

Those skilled in the art can now appreciate from the foregoing description that the broad teachings of the present invention can be implemented in a variety of forms. Therefore, while this invention has been described in connection with particular examples thereof, the true scope of the invention should not be so limited since other modifications will become apparent to the skilled practitioner upon a study of the drawings, specification, and following claims.

Claims

1. A rotary damper for use in spacecraft appendage deployment mechanisms comprising:

an input shaft;
first member coupled to said input shaft;
a second member rotatably supported about said input shaft,
said first member being rotatable relative to said second member,

- an electrorheological magnetic fluid coating with said first member and said second member; and
means for generating a magnetic field across said electrorheological magnetic fluid such that a shear resistance characteristic of said electrorheological magnetic fluid is changed to thereby control relative rotational movement between said first and second members.
2. The damper of Claim 1 wherein said first member comprises a cylinder rotatably engaging said second member, and/or
wherein said second member comprises a housing rotatably engaging said first member, and/or
wherein said means for generating a magnetic field comprises permanent magnets, and/or
wherein said means for generating a magnetic field comprises electromagnets, and/or
wherein said means for generating a magnetic field comprises a combination of electromagnets and permanent magnets.
3. The damper of Claim 1 further comprising:
a housing coupled to said second member containing said ERM fluid; and
an extension of said first member rotatable engaging said housing and coating with said ERM fluid.
4. The damper of Claim 3 wherein said housing supports said means for generating a magnetic field.
5. An electrorheological magnetic fluid-based rotary motion damper comprising:
an input shaft;
a first member coupled to said input shaft;
a cylinder coupled about said first member;
a second member rotatably supported about said input shaft;
a housing circumferentially coupled about said second member, said housing receiving said cylinder therein such that said cylinder is rotatable relative to said housing;
an electrorheological fluid disposed in said housing coacting with said housing and said cylinder; and
means for generating a magnetic field over said electrorheological magnetic fluid such that a shear resistance characteristic of said electrorheological magnetic fluid is changed to frictionally control said relative rotational movement between said cylinder and said housing.
6. The damper of Claim 5 wherein said first member
- further comprises:
an inner hub coupled to said input shaft; and
a plurality - of arms radially projecting from said inner hub for supporting said cylinder, and/or
wherein said second member further comprises:
an inner hub rotatably supported about said input shaft; and a plurality of arms radially projecting from said inner hub for circumferentially supporting said housing, and/or
wherein said means for generating a magnetic field is supported by said housing, and/or
wherein said housing further comprises:
a first chamber supporting said cylinder and said ERM fluid; and
a second chamber supporting said means for generating a magnetic field, and/or
wherein said housing further comprises:
a vertical chamber; and
a horizontal chamber bisecting said vertical chamber into an upper chamber and a lower chamber, said means for generating a magnetic field being disposed in spaced relation across said horizontal chamber in said upper chamber and said lower chamber, said cylinder being located within said horizontal chamber, and said electrorheological magnetic fluid being disposed in said horizontal chamber substantially encompassing said cylinder, and/or
wherein said means for generating a magnetic field comprises one of the group consisting of permanent magnets and electromagnets, and/or
wherein said means for generating a magnetic field comprises a combination of electromagnets and permanent magnets.
7. An ERM fluid-based rotary-motion damper for controlling deployment of spacecraft appendages comprising:
an input shaft;
a first mounting hub coupled to said input shaft;
a first plurality of ribs radially projecting from said hub;
a cylinder axially extending from said plurality of ribs;
a second hub rotatably supported about said input shaft;
a second plurality of ribs radially projecting from said second hub;
an annular housing circumferentially supported on said second plurality of ribs;
said annular housing having a generally cross-shaped cross-section including a vertical chamber and a horizontal chamber;

said cylinder being disposed within said horizontal chamber and being rotatable relative to said annular housing;

ERM fluid disposed in said horizontal chamber coating with said housing and said cylinder;

and
means for generating a magnetic field disposed in said vertical chamber for causing said ERM fluid to exhibit a given shear stress characteristic to control relative rotational movement between said cylinder and said housing and dampen said deployment through said input shaft.

8. The damper of claim 7 wherein said means for generating a magnetic field comprises permanent magnets, and/or

wherein said means for generating a magnetic field comprises electromagnets, and/or

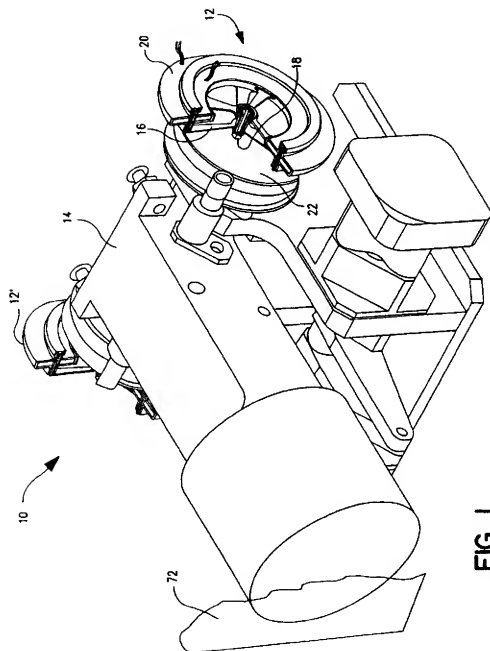
wherein said means for generating a magnetic field comprises a combination of electromagnets and permanent magnets.

9. The damper of claim 7 wherein said electrorheological magnetic fluid comprises an oil vehicle, magnetizable particles, and a dispersing.

10. The damper of Claim 9 wherein said oil vehicle has a vapor pressure characteristic less than 10^{-3} mm Hg (0.13 Pa) over a temperature range of -60° to 200°C, and/or

wherein said oil vehicle is liquidic over a temperature range extending from -60° to 200°C, and/or

wherein said magnetizable particles comprise at least one of the group consisting of iron, cobalt, nickel, and magnetizable rare earth oxides.



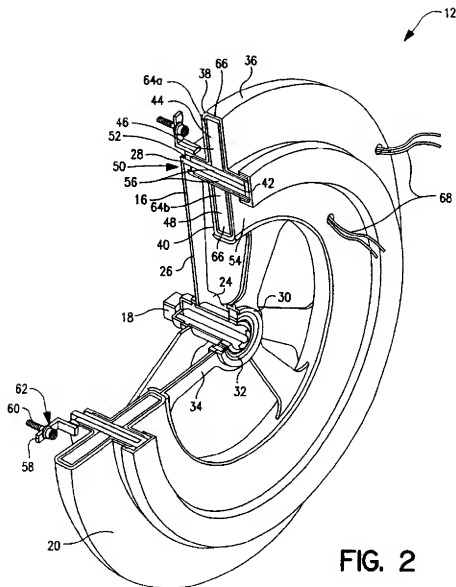


FIG. 2

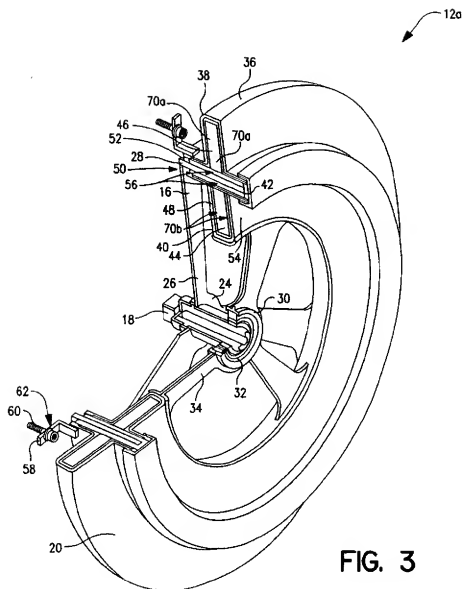


FIG. 3

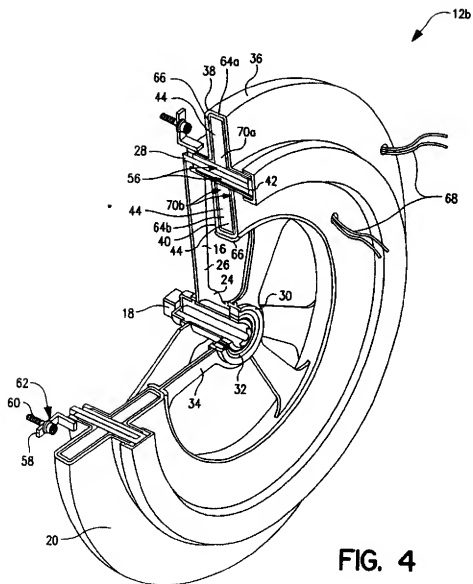


FIG. 4



European Patent
Office

EUROPEAN SEARCH REPORT

Application Number
EP 98 10 6448

DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT			
Category	Citation of document with indication, where appropriate, of relevant passages	Relevant to claim	CLASSIFICATION OF THE APPLICATION (Int.Cl. 8)
A	GB 2 282 863 A (VINTEN GROUP PLC) 19 April 1995 * figures 1.2 *	6.7	
			TECHNICAL FIELDS SEARCHED (Int.Cl. 6)
The present search report has been drawn up for all claims			
Place of search BERLIN		Date of completion of the search 23 July 1998	Examiner P611, A
CATEGORY OF CITED DOCUMENTS X particularly relevant if taken alone Y particularly relevant if combined with another document of the same category A technological background O non-written disclosure P intermediate document		1 theory or principle underlying the invention E earlier patent document but published on, or after the filing date D document cited in the application L document cited for other reasons S member of the same patent family corresponding documents	

EP FORM 1502 (3-98) (Rev. 9/97)